ＭＲ施設の

漏えい磁場測定マニュアル

2008 年 12 月

社団法人　日本画像医療システム工業会

サイト設備設計グループ

本委員会の委員構成

グループ長	：森　　智	：GE 横河メディカルシステム（株）
主　　査	：小路口　寛	：(株)　日立メディコ
副 主 査	：山本　和慶	：東芝メディカルシステムズ （株）
委　　員	：秋山　喜幸	：東芝メディカルシステムズ （株）
委　　員	：石井須美男	：シーメンス旭メディテック （株）
委　　員	：岡林　栄二	：渥美工業 （株）
委　　員	：河裾　行人	：螢光産業 （株）
委　　員	：齊藤　　健	：鹿島建設 （株）
委　　員	：左高　　勲	：東京計器アビエーション （株）
委　　員	：嶋田　伸明	：東京計器アビエーション （株）
委　　員	：下川　眞男	：技研興業 （株）
委　　員	：西澤　祐司	：サンレイズ工業 （株）
委　　員	：松井　克也	：(株) フィリップス エレクトロニクス ジャパン
委　　員	：三田　創吾	：医建エンジニアリング （株）
事 務 局	：桃井　　司	：社団法人 日本画像医療システム工業会

ご不明な点の問い合わせ先

社団法人日本画像医療システム工業会
〒113-0033 東京都文京区本郷 3 丁目 22 番 5 号 住友不動産本郷ビル 9 階
Tel 03-3816-3450　　Fax 03-3818-8920

目次

1．はじめに

（1） 本マニュアルの目的と範囲 ……1

（2） 本マニュアルの構成 ……1

2．測定器の選択……2

3．測定器の管理……4

4．MR施設における磁気シールドの留意点

（1） 性能条件の設定 ……5

（2） シールドルームの設計……6

（3） 磁気シールドルームの特質……6

5．立入制限区域について

（1） 立入制限区域の定義 ……8

（2） 磁束密度:0.5mT について……8

（3） 立入制限区域の境界と管理 ……8

6．磁場の影響を受ける機器について……9

7．実際の測定

（1） 立入制限区域境界における測定（磁束密度の目安:約 0.5mT）…… 10

（2） 磁場の影響を受ける機器に対する測定（磁束密度の目安:約 0.1mT）…… 12

8．測定結果の記録・保存…… 14

9．測定者について…… 14

付録 MR室漏洩磁場測定記録書 作成例…… 15

付録 MR室漏洩磁場測定結果書 作成例…… 16

付録 MR室漏洩磁場測定記録書 記入要領 …… 17

付録 MR室漏洩磁場測定結果書 記入要領 …… 17

付録 MR室漏洩磁場測定位置図 作成例－1 …… 18

付録 MR室漏洩磁場測定位置図 作成例－2 …… 19

付録 MR室漏洩磁場測定位置図 作成例－3 …… 20

付録 MR室漏洩磁場測定位置図 作成例－4 …… 21

付録 MR室漏洩磁場測定位置図 作成例－5 …… 22

1. はじめに

(1) 本マニュアルの目的と範囲

MR施設の安全性を考える際、漏えい磁場の人体への影響は重要な項目の一つである。 JIS Z 4951 に「立入制限区域の外側は、漏えい磁場強度が 0.5mT を超えてはならない。」と定められているが、それを厳守するためには漏えい磁場を精確に測定する必要がある。 しかし、漏えい磁場測定には様々なノウハウがあり、それらを記した公的指針が存在しなかったため、測定者による測定誤差の可能性を否定出来なかった。

そこで本委員会は、MR施設における漏えい磁場の安全基準に対する指針として、「漏えい磁場測定マニュアル」を作成した。 MR施設における磁場測定は、

① 環境測定（シールド施工の事前調査） ⇒ 交流磁場測定、直流変動磁場測定

② 漏えい磁場測定(シールド施工後の検証) ⇒ 直流磁場測定

に分ける事が出来るが、本マニュアルでは後者の直流磁場測定についてのみ記述する。

磁場の強さを意味する語句は、JIS Z 4951 において「磁場強度」と表記されているが、本マニュアルでは「磁束密度」という語句を用いて解説をする。{磁束密度 B の単位は T(テスラ)、磁場強度 H の単位は A/m(アンペア／メーター)である}

(2) 本マニュアルの構成

漏えい磁場の測定方法(測定点の位置や測定器の種類及び固定方法等)は、状況によって異なり難解であるが、「立入制限区域境界における測定」と「磁場の影響を受ける機器に対する測定」に分けて考えれば理解し易い。 まずは両者の共通項目である「2.測定器の選択」「3.測定器の管理」「4.MR施設における磁気シールドの留意点」について述べ、その後に「5.立入制限区域について」「6.磁場の影響を受ける機器について」に分けて解説する。

漏えい磁場測定の目的は、MR室の漏えい磁場が、「性能条件」（漏えい磁束密度の上限値とその位置)に適合している事の検証である。「性能条件」は、MR施設のプランニングや「シールドルームの設計」に関連するため、それらについての知識を得る必要がある。 又、実際の漏えい磁場の分布は、MR装置から発する磁場の分布と同一にはならないので、その原因となる「磁気シールドルームの特質」について理解する必要がある。

本マニュアルが実際に測定にあたる方々に活用され、またMR施設の安全管理に役立つことを希望している。

2. 測定器の選択

測定器(ガウスメーター)の選択は、測定の目的、測定範囲(周波数、磁束密度)、分解能、信頼性(温度、電磁ノイズ等の影響)、可搬性などを考慮する必要がある。 図 2.1 に示すように各磁気センサ方式の実用測定範囲(磁束密度)は周波数によって異なるので、その点に留意すれば選択肢を絞る事が出来る。

測定器は、使用方法などが異なれば、同一の磁場に対して必ずしも同じ指示値を示すとは限らない。従って精確な測定を行なうためには、あらかじめ測定器の特性を熟知し、以下の要件を満たした測定器を使用する事が重要である。

A) 測定点毎に三軸成分(x, y, z)が同時測定可能であること

B) 適正に校正されていること

C) 最小分解能が、測定対象となる磁束密度の 1/10 以下(1/50 以下を推奨)であること

MR装置を発生源とする漏えい磁場測定は、比較的弱い(0.1～0.5mT 前後)直流磁場(静磁場)測定であるので、一般的にフラックスゲート方式やホール素子方式が適しているが、それらは用途によって使い分けると良い。

表 2.1 市販ガウスメーターの主な種類と特徴 (2008 年 8 月現在)

磁気センサ方式 (注1)	フラックスゲート方式 (磁気発振方式)	ホール素子方式	誘導コイル方式 (サーチコイル方式)
0.5mT前後の直流磁場測定 (注2)	○	○ (注3)	×
0.1mT前後の直流磁場測定 (注2)	○	△ (注4)	×
交流磁場測定	○	○	○
分解能	○	△	△
市販装置の数	○	○	○
測定原理	交流電源で励磁された強磁性体と、それに巻かれた励磁コイル及び検出コイルから構成され、磁気飽和タイミングのずれによる検出コイルの誘起電圧を検出する。	半導体ホール効果(直流電流を流した素子に垂直方向に磁界をかけると、これらに垂直な方向に電界が生じる現象)を利用し、磁界に比例したホール電圧を検出する。	電離誘導作用により誘導コイルに鎖交する磁束の大きさの時間変化分に対応した誘起電圧を検出する。
長所 (注5)	・分解能に優れる ・温度ドリフト※1 が小さい ・センサケーブルの延長による影響が少ない	・センサ形状が小さい	・回路が簡素でハンディ型に適する
短所 (注5)	・センサ形状がやや大きい ・1mT 以上の強磁場には不向き	・温度ドリフトがやや大きい	・直流磁場測定が出ない ・センサ形状が大きい

用語解説:

※1 温度ドリフト

温度上昇によって直流電圧が変化する現象。 トランジスタやダイオード等の半導体は、特性に Exp(qV/KT) の因子があるので、信号出力の直流分が温度上昇に従ってゆっくり変化する。

(注 1)　磁気センサ方式には、表 2.1 に掲載されている他に「磁気抵抗方式」「超電導量子干渉素子方式(SQUID)」「NMR方式(プロトン方式)」「磁気インピーダンス素子方式(MIセンサ)」等があるが、MR装置を発生源とする漏えい磁場に適した測定器としては、ほとんど普及していないので詳細は省略する。「磁気発振方式」は、「フラックスゲート方式」と同じく強磁性磁気材料を用いた変換方式であり、構造が多少異なるが特徴や注意事項は同等である。

(注 2)　漏えい磁場測定に適した測定器の選択を目的としているため、実用測定範囲(磁束密度)を、「0.5mT 前後」「0.1mT 前後」の二つで比較している。(数値の根拠は、P.8～13 を参照)
磁気センサ方式の性能比較を目的とするのであれば、フラックスゲート方式の実用測定範囲は、数 nT～数 100 μT、ホール素子方式は数 10 μT～数 T と言えるが、その数値は機種によって異なるので、その限りではない。

(注 3)　ホール素子方式のセンサにおいては、温度ドリフトの影響を避けるために、測定時にこまめにゼロ磁場調整を行なう必要がある。(詳細は、P.4 3.測定器の管理 ※3 ゼロ(零)磁場調整を参照)

(注 4)　0.1mT 前後の直流磁場測定において、ホール素子方式には測定に適さない市販機種が多い。しかし、目安として最小分解能が 5 μT(1/50)以下の機種であれば、0.1mT 前後の測定にも十分適用出来る。

(注 5)　各磁気センサ方式における特徴や注意事項は、半導体からの出力値は温度に影響を受ける事や、磁性体は着磁され易い等、センサの原理に着目すれば理解し易い。

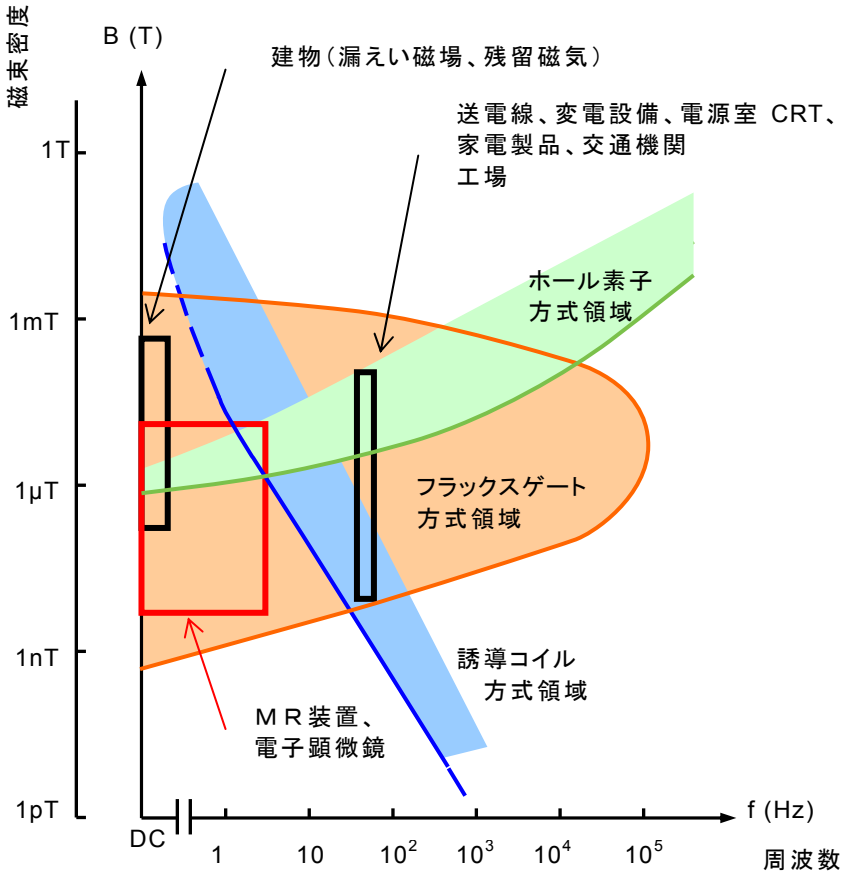


図 2.1　測定対象範囲と磁気センサ方式

※ 日本建築学会:「環境磁場の計測技術－現場における計測の事例－」,丸善(1998)より抜粋

3. 測定器の管理

精確な測定を行なうためには測定器の管理が重要であり、測定精度を確保するためには、定期的(2年以内を推奨)に実施する校正※1と、毎回測定の直前に行うキャリブレーション※2が必要である。 なお、MR装置近傍での測定等により、センサが着磁(磁性材料が帯磁)してしまうと精確な測定が出来なくなるので、例えば他の測定器と測定値を比較するなどして、常に動作状態((着磁や故障の有無など)を注意しておく必要がある。

① 使用測定器の製造番号、校正年月日を記録する。
② 測定器は、定期的(2年以内を推奨)に整備点検・校正をメーカ等に依頼する。
③ 測定器を使用しない時は、振動のある場所、高温多湿、磁場の影響がある場所を避けて保管する。
④ 定期的に測定器の経年劣化、ケーブルコードの断線、破損、電池等の消耗品を確認し、必要に応じて交換をする。

用語解説:

※1 校正

測定器の読みのずれを把握し、共通の測定の基盤を作る行為を校正という。 このような場合には、既知の標準量を測定することで、個々の測定器の読みが期待する値からどれだけずれているかを知ることができる。 この行為が校正であり、校正の結果(ずれている量)を加味することで、測定は適正に行われる。

通常、校正の結果は測定器に固有のデータとして保管され、校正定数として必要に応じて測定などの際に参照される。 また、標準器による校正を受けた測定器を用いて、適切な対象を測定し、その値付けを行うことによって、別な標準器とすることが可能である。 その標準器によって同じ階層の測定器の校正を行うことをコンパティビリティという。 なお、厳密に定義された国家標準器をおおもととし、測定器と標準器とを介して、段階的に連鎖する測定の体系を構築することをトレーサビリティという。

※2 キャリブレーション

ゼロ(零)磁場調整※3や消磁※4によって測定器を補正する事をキャリブレーションという。 その方法は測定器の取扱説明書に準ずる。 一般的にフラックスゲート方式は測定前にセンサの消磁をした上で、必要に応じてゼロ磁場調整(必要ない機種もあり)を実施する。 ホール素子方式は測定前にセンサを消磁する必要は無いが、ゼロ磁場調整をする必要がある。

※3 ゼロ(零)磁場調整(ゼロ点調整、ゼロ点補正)

磁場がゼロの空間にセンサをかざした時、測定値がゼロを示すよう、測定器本体を調整すること。市販されている測定器のゼロ磁場調整は、ゼロ磁場に保たれたゼロチャンバー内部にセンサを入れて、測定器本体が示す値をゼロに調整する。 ゼロチャンバーは着磁し易いため、MR装置近傍に持ち込まないように注意し、必要に応じて消磁を行なう。

※4 消磁(脱磁)

消磁には、交流消磁、直流消磁、熱消磁等があり、センサの消磁は交流消磁で行なう。具体的には、地磁気程度の空間(ゼロ磁場が最も理想的)で、消磁器(電磁石)をセンサに向け、交流磁場を発生させた後に減衰させる(ゆっくり遠ざけた後に電源を切る)。 自動減衰機能付きの製品もある。 帯磁している方向は一つとは限らないため、消磁器はセンサに対して色々な方向に向けながら遠ざけること。センサの周りを回しながら遠ざけていくことも効果的である。

4. MR施設における磁気シールドの留意点

MR装置の設置に際しては、装置が発する強磁場が周囲に及ぼす影響に留意しなければならない。 それらの影響を防止するための手法として磁気シールド※1 が施されるが、その設置計画に際しては“性能条件”(想定される漏えい磁束密度の上限値とその位置)を適確に設定し、その条件に適合した磁気シールドルームを、磁場の特質に留意して設計する必要がある。

(1) 性能条件の設定

MR施設の設置計画を行なう際は、下記のような磁場の影響を考慮して、影響を受ける位置(=測定点)における漏えい磁束密度の上限値を、性能条件として設定する。

① 磁場の人体への影響※2 (立入制限区域)

JIS Z 4951 において、磁束密度が 0.5mT を超えたエリアは“立入制限区域”とする事と定められている。(詳細は、P.8 5.(1) 立入制限区域の定義 を参照) MR室に設ける磁気シールドの設計に際しては、適切な立入制限区域とそれを満たす性能条件を設定する。

② 磁場の機器への影響※3 (JIS Z 4951 6.8.3 における 電磁干渉 に該当)

JIS で規定される立入制限区域の内外に関わらず、MR室近傍に設置される機器に対しては、磁場の影響を考慮する必要がある。(詳細は、P.9 6. 磁場の影響を受ける機器について を参照) MR室に設ける磁気シールドの設計に際しては、それらの機器が影響を受けない磁束密度を性能条件として設定する。

用語解説:

※1 磁気シールド

磁気シールドとは、ある空間の磁束密度を減少させる事を目的とする遮へい対策を指すが、本マニュアルにおいては、MR装置を原因とする、MR室外に生じる磁束密度を減ずる事を目的として施される、磁場遮へい対策の事を言う。

※2 磁場の人体への影響

ICNIRP「時間変化する電界、磁界及び電磁界による暴露を制限するためのガイドライン」では、職業的暴露に関する参考レベルを 200mT、公衆の暴露に関する参考レベルを 40mT と示している。

※3 磁場の機器への影響

P.9 表 6.1 の他、各MR装置の設置計画指針に例が示されている。 又、JEITA IT-1004「産業用情報処理・制御機器設置環境基準」の表 1.2 において、「機器の耐環境性例」が示されている。

(2) シールドルームの設計

MR装置から発生する磁場の分布図を元にシールドルームを設計する際、MR室の広さや位置の制約等により前項のような漏えい磁場による影響が考えられる場合は、性能条件に合わせた磁気シールドルームを設計する必要がある。磁気シールドルームの設計仕様では、シールド材料名、シールド材料の厚さ、シールド施工範囲、シールド施工方法、及びシールド後の漏えい磁場値(もしくはシールド性能)を明確にしなければならない。

(3) 磁気シールドルームの特質

磁気シールド性能条件の設定、磁気シールドルームの設計、及び測定をする際は、以下のような磁気シールドルームの特質に注意する必要がある。(図 4.1 参照) これらの影響は、測定点を壁面から300mm 程度離した位置とすれば軽減出来る事が経験的に知られている。

① 壁、柱、梁等の磁性体の影響

鉄筋コンクリートや鉄骨等、磁性体が含まれた躯体に磁気シールドを施工した場合は、磁性体が在る部位で磁場が局部的に変化してしまう。 これは、磁場が磁性体に引き込まれたり、噴出してしまうためである。 又、磁性体の着磁による影響も考慮しなければならない。

② 磁性材料の不連続部位の影響

磁気シールドに用いられる磁性材料の板幅は一般的に300～910mm で、それらを並べて設置する際に磁性材料の不連続部位が磁気抵抗となり、その部分から磁気が漏れてしまう。 磁性材料を突合せただけでも磁気抵抗となってしまうため、通常は目地板で隙間を塞ぐ手法採られるが、磁気的な連続性を確保するのは技術的な困難もあり、コストインパクトも大きい。 なお、磁性材料自体は劣化しないが、結合部は経年劣化する可能性もあり、留意が必要である。

③ 磁性材料端部の影響

磁気シールドが施工された部位とされていない部位との境界では、磁場が局部的に強くなる現象が発生する。(エッジ効果) これは、磁性材料によって集められた磁場が端部から噴出する事に起因する。

④ コーナー部の影響

コーナー部では、磁場が局部的に強くなる現象が発生する場合がある。 これは、シールド対象となる磁場の形状にもよるが、磁性材料の不連続性(上記②)や、材料の折り曲げによる磁気抵抗の増加などの影響が大きい。

⑤ シールド開口部の影響

一般的にMR施設の磁気シールドルームにおいては、扉、窓、及びフィルターなどの開口部に関する磁気シールドの施工は困難である。 開口部に磁気シールドを施さない場合、磁性材料の不連続性(上記②)や磁性材料端部の影響(上記③)により、開口部周辺で磁場が膨らみ、局部的に強くなる現象が発生する。

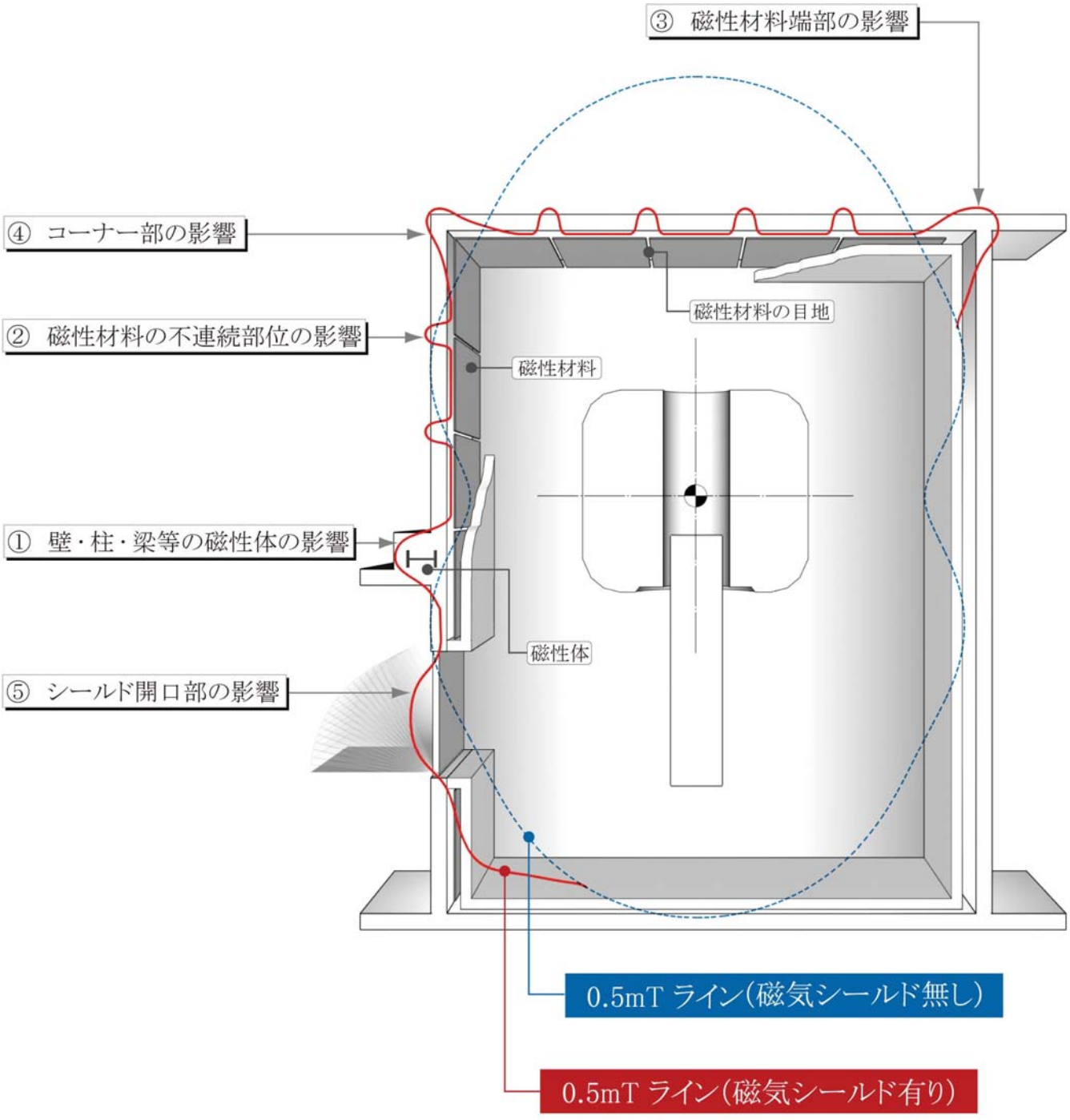


図4.1　磁気シールドルームの特質

(注)磁場分布の形状及び大きさは、特徴を表すためにデフォルメしています。

5. 立入制限区域について

(1) 立入制限区域の定義

MR施設における立入制限区域は、JIS Z 4951 6.8.3 により、次のように定められている。

－MR装置の周囲に立入制限区域を定め、これを恒常的に設けることの必要性を示さなければならない。
この区域の外側は次のようなものでなければならない。
1) 漏えい磁場強度が 0.5mT を超えてはならない。
2) 電磁干渉レベルが JIS T 0601-1-2 に適合しなければならない。

－この立入制限区域をどのように表示するかについて、許可されていない人によるこの区域への立入りを、担当職員が適切に管理できるように、例えば、床への表示、さく(柵)及び／又はその他の方法を明確に勧告しなければならない。

－立入制限区域へのすべての入口に、磁場及び強磁性体への引力又は回転力が存在することの表示を含む、適切な標識を設けなければならない(警告記号及び禁止記号の例については、附属書 AA を参照)。

(2) 磁束密度:0.5mT について

JISでも定義されている磁束密度:0.5mT は、アメリカ食品医薬品局(FDA)が示した、ペースメーカの誤動作に対する安全の推奨値ともされている。 ペースメーカのマグネットモードへの誤動作は、1.3～2mT の磁場を印加する事で確認された事例があるが、現状の実験結果や報告ではその数値を特定するに至っていない。 ペースメーカに限らず、磁場の人体影響に対するしきい値は確立されていないのが実情であり、今後の研究による解明が望まれている。

(3) 立入制限区域の境界と管理

立入制限区域の境界における測定点は、壁面から 300mm 離した位置とするのが一般的である。 その理由は、前述「磁気シールドルームの特質」の影響を避けるためであるが、壁面直近では 0.5mT を超えた磁場が漏えいする場合がある。 壁面直近の数値に見合った性能条件に適合させるには、磁気シールドを二重にする方法や、MR室を拡張する方法等が考えられるが、コストや面積的な制約によって非現実的な場合が多い。 又、壁面から 300mm 未満での測定値は、実測しなければ的確な数値を予測出来ないため、安全を考慮して余裕を持った性能条件としなければならず、その余裕がコスト増の要因となってしまう。 ユーザーから測定点位置の指定があった場合には、これらの得失を充分に説明した上で、性能条件を決定する必要がある。

シールド施工のコストや部屋の広さなどに制約がなければ、余裕をもった性能条件を設定することが出来るが、そうでない場合は立入制限区域の表示や標識、柵等の管理方法や、壁面直近から 300mm までの区域の扱いを、ユーザー(例えば対象とするMR室の安全管理者等)と充分に協議する事が重要である。

近年、MR装置の直流磁束密度は増加傾向にあり、漏えい磁場の増大が予想される。 それをMR室内に納める事に執着すれば磁気シールドのコストや面積的な制約により、装置メーカーや施設関係者はもとより被検者にも不利益が及ぶ可能性を否定出来ない。 漏えい磁場の人体に対する安全性を確保するためには、立入制限区域か否かを論ずる事も必要であるが、それを適切に管理出来る事が重要である。

6. 磁場の影響を受ける機器について

表6.1に、機器が影響を受ける直流磁束密度の目安を示す。 電子顕微鏡やCRT等の機器は、0.1mTといった地磁気レベルの磁束密度で影響を受ける可能性があるが、性能条件の最小値は、地磁気との区別を考慮して 0.1mT とするのが現実的である。 上下階はもとより、建屋の構造物が着磁する事で、思わぬ場所に影響が出る場合があるので注意が必要である。

測定点はメーカーの設置計画指針に準ずるが、明確で無い場合は機器の端部とするのが通常である。

表6.1　機器が影響を受ける直流磁束密度の目安

機器＼直流磁束密度	0　0.05　0.1　0.2　0.3　0.5　1　1.5　2　ミリテスラ	直流磁束密度による分類
高エネルギー放射線治療装置 リニアアクセラレータ		0.05～0.1 ミリテスラ以上
核医学画像診断装置 （光電子増倍管使用）		
(1)シンチレーションカメラ		
(2)ポジトロンCT(PET)		
(3)エミッションCT		
X線CT装置		
電子顕微鏡		
X線テレビ装置(I. I.)		
カラーCRT(シールドなし)		
サイクロトロン		0.1
超音波診断装置		
精密天秤		
カラーCRT(シールド付)		
白黒CRT(シールドなし)		0.2
心電計		
脳波計		
マルチフォーマットカメラ		0.3
ペースメーカ		0.5
白黒CRT(シールド付)		
コンピュータ		1
X線管		
磁気テープ		
磁気ディスク		
フロッピーディスク		
クレジットカード		
腕時計(機械式)		

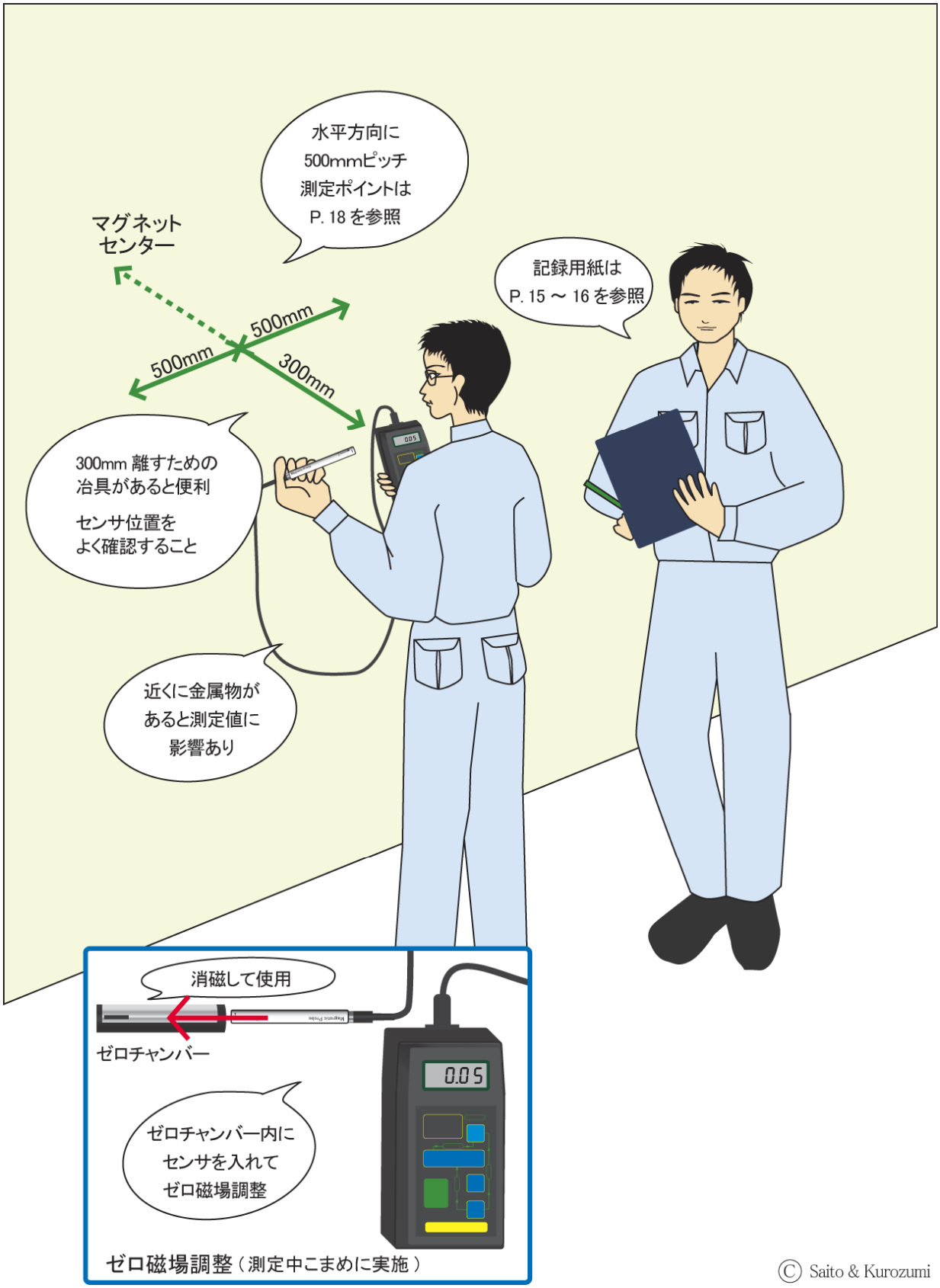
（注）　この表は各メーカーのデータをまとめたもので、0.05～0.1ミリテスラの領域は地磁気の影響を受けやすいことやメーカーによるバラツキもあるため、破線にて示した。

※（社）日本画像医療システム工業会:「磁気共鳴画像診断装置施設の安全基準」より一部改変

7. 実際の測定

(1) 立入制限区域境界における測定 (磁束密度の目安:約 0.5mT)

測定対象の磁束密度の大きさが 0.5mT 程度のため、使用できるセンサ方式はフラックスゲート方式やホール素子方式が推奨される。下図の測定器は、三軸ホール素子方式を例としている。



© Saito & Kurozumi

1. 測定対象エリアを確認する

(1) 測定範囲の障害物の除去
　測定ポイントにモノが置いてあると、センサを設置できないため
(2) 測定範囲近辺の磁性物質の除去
　測定ポイント近くに磁性物質があると、精確な測定値が得られないため
(3) 磁気ノイズ発生源(電源ライン)などの確認
　測定ポイント近くで大きな磁気ノイズが発生していると、精確な測定値が得られないため

2. 測定器を準備する

(1) 測定器を運搬用のボックスから取り出す
(2) 必要に応じ、センサを治具(壁⇔センサの 300mm 離隔を確保)に取り付ける
(3) 電源を入れて、指示値が安定するまで待つ
(4) キャリブレーションを実施する
　ホール素子方式の場合、センサをゼロチャンバーに入れてゼロ磁場調整をする
　フラックスゲート方式の場合、センサを消磁(帯磁を除去する)し、必要に応じてゼロ磁場調整をする
　(詳細は、P.4　3.測定器の管理　を参照)

3. 測定位置の割り出し

(1) 測定対象のMR装置から発生する磁場が最も強いと思われる高さ(例:マグネット中心高さ)を特定する
(2) マグネット中心の水平位置を特定する
　P.18 の例では、壁 4 面それぞれに水平位置を特定する
(3) 各壁面のマグネット中心を基準に 500mm ピッチで測定位置を割り出す
　あらかじめ養生テープなどで印を付けておくと便利である
　また、非磁性のメジャーを壁に仮貼りしても便利である

4. 磁束密度の測定

(1) 各測定位置での磁束密度を測定する
　センサは手で保持しても構わない
(2) 測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する
　x 軸, y 軸, z 軸それぞれの向きを記録しておく

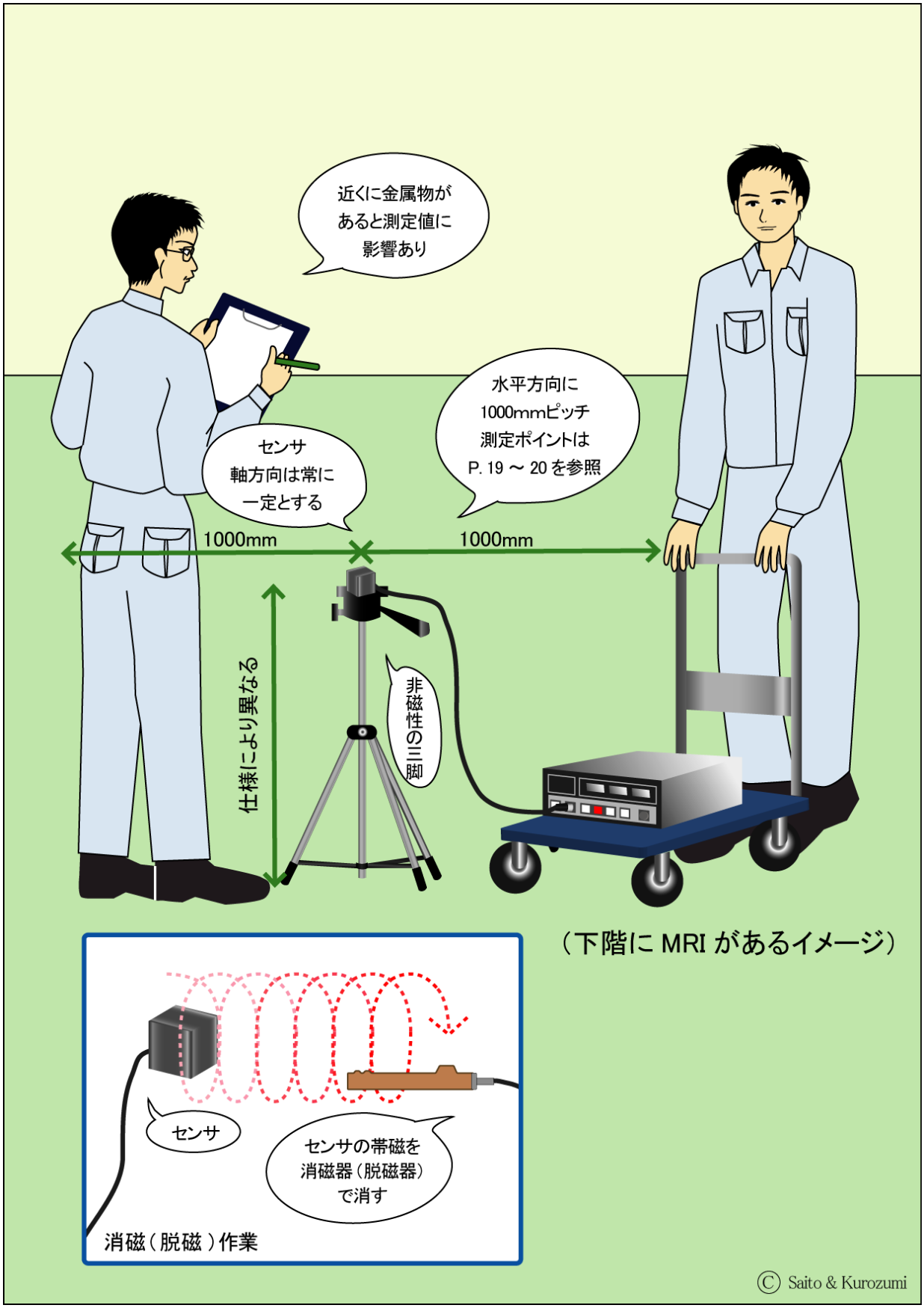
5. 三軸合成値が 500μT(0.5mT)を超えた場合の測定

(1) センサを水平に走査し、最も磁束密度の大きな位置を特定する
(2) その位置での測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する

6. 測定器及び測定場所の片づけ(整理整頓)

（2） 磁場の影響を受ける機器に対する測定 （磁束密度の目安：約 0.1mT）

測定対象の磁束密度の大きさが 0.1mT 程度のため、使用できるセンサ方式はフラックスゲート方式が推奨される。下図の測定器は、三軸フラックスゲート方式を例としている。



1. 測定対象エリアを確認する

(1) 測定範囲の障害物の除去
　測定ポイントにモノが置いてあると、センサを設置できないため
(2) 測定範囲近辺の磁性物質の除去
　測定ポイント近くに磁性物質があると、精確な測定値が得られないため
(3) 磁気ノイズ発生源(電源ライン)などの確認
　測定ポイント近くで大きな磁気ノイズが発生していると、精確な測定値が得られないため

2. 測定器を準備する

(1) 測定器を運搬用のボックスから取り出す
(2) センサを三脚(測定値に影響を与えないよう、非磁性のもの)に取り付ける
　センサを手で保持すると値がブレやすく、精確な測定値が得られないため
　センサの床からの高さは、対策仕様などにより異なる
(3) 電源を入れて、指示値が安定するまで待つ
(4) キャリブレーションを実施する
　フラックスゲート方式の場合、センサを消磁(帯磁を除去する)し、必要に応じてゼロ磁場調整をする
　(詳細は、P.4　3.測定器の管理　を参照)

3. 測定位置の割り出し

(1) マグネットセンターの位置を特定する
　P.20 の例では、上階床にて下階のマグネット中心の位置を特定する
(2) 各壁面のマグネット中心を基準に 1000mm ピッチで測定位置を割り出す
　あらかじめ養生テープなどで印を付けておくと便利である
　また、非磁性のメジャーを床に仮貼りしても便利である

4. 磁束密度の測定

(1) 各測定位置での磁束密度を測定する
(2) 測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する
　x 軸, y 軸, z 軸それぞれの向きを記録しておく

5. 三軸合成値が目標値を超えた場合の測定

(1) センサを水平に走査し、最も磁束密度の大きな位置を特定する
(2) その位置での測定値(x, y, z, 及び三軸合成値)を記録する

6. 測定器及び測定場所の片づけ(整理整頓)

8. 測定結果の記録・保存

漏えい磁場測定結果報告書は責任施工の関係上、シールド施工請負者によって完成図書と一緒に病院関係者へ渡される。

現在でも漏えい磁場測定結果報告書の管理は法令上特に規定はないが、ユーザー（例えば対象とするMR室の安全管理者等）へ必ず渡し、0.5mT の位置・MR 安全標識の状態をユーザーが確認し、現MR装置が撤去されるまで保管・管理する事が好ましい。

また、同様に施工責任もあるためシールド施工担当者も現MR装置が撤去するまで保管・管理する事が好ましい。

9. 測定者について

測定業務を行う者については法令上特に規定はないが、MR装置が発生する漏えい磁場に関して充分な知識を持っていなければならない。 特にMR室への入室を制限している、ペースメーカ装着者・体内に磁性金属のある人等は測定業務に従事させない等の配慮が必要である。

参考文献

（1） 日本建築学会:「環境磁場の計測技術－現場における計測の事例－」,丸善（1998）

（2） 日本建築学会:「建築におけるシールド材料・施工 磁気シールド」, 丸善（2005）

（3） （社）日本画像医療システム工業会:「磁気共鳴画像診断装置施設の安全基準」

（4） ㈱エムティアイ:「FAQ」 http://www.mticorp.co.jp/

（5） ㈱東陽テクニカ:「FAQ」 http://www.toyo.co.jp/magne/faq.html

（6） 豊田中央研究所:「磁気インピーダンス効果を有する積層型薄膜磁界検出素子」R&Dレビュー Vol.32（1997.3） http://www.tytlabs.co.jp/japanese/review/rev321pdf/321_045nishibe.pdf

（7） センサ工房ねっと:「近接センサの種類-原理の分類-」 http://www.sensor-koubou.com/DOC/%E8%BF%91%E6%8E%A5%E3%82%BB%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%81%AE%E7%A8%AE%E9%A1%9E_%E5%8E%9F%E7%90%86%E3%81%AE%E5%88%86%E9%A1%9E.pdf

（8） BEMSJ:「直流電磁界に関する情報」 http://homepage3.nifty.com/~bemsj/DC.htm

（9） 磁場計測評価SWG:「環境磁場の計測方法」 http://news-sv.aij.or.jp/kankyo/s4/wg/jiba/jibakei.pdf

付録　MR室漏えい磁場測定記録書　作成例

管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

MR室漏えい磁場測定記録書

測定場所

施設名	（1）		
住所	〒	電話番号	
		FAX番号	
管理者			
測定室名			

設置装置

製造メーカー名			
装置名		磁束密度	（2）
励磁年月日	（3）		
メーカー担当者			
マグネット中心高さ			

測定実施者

測定機関名			
住所		電話番号	
		FAX番号	
測定者			
測定立会者		所属機関	

測定条件

測定日時	年　月　日（　）　：　～　：　（4）				
測定器	メーカー名	（5）		製造年月	（6）
	装置名称	（5）		校正機関	（8）
	センサ種類	（7）		校正年月	（8）
	分解能	（9）			
シールド性能条件	（10）				
天候	（11）	室温	（11）　℃	湿度	（11）　％
測定に関する所見	（12）				

付録　MR室漏えい磁場測定結果書　作成例

管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

MR室漏えい磁場測定結果書

測定日時:　　年　　月　　日(　)　:　　～　　:　　(13)

測定施設・室名:　　階　　室　　(14)

装置名:　　(14)

測定機関:

測定者:

測定器:　　(15)

センサ高さ:　　(16)

測定点	測定値(μT)				性能条件値	備　考
	x軸成分	y軸成分	z軸成分	合成値		
(17)	(18)	(18)	(18)	(19)	(20)	(21)

付録　MR室漏えい磁場測定記録書記入要領

(1) 病院又は診療所の正式名称を記入する。法人施設などの場合、法人名も記入する
(2) MR装置の磁束密度を記入する
　例）1.5T、0.3T など
(3) MR装置の励磁（磁場立ち上げ）年月日を記入する
(4) 測定した年月日、曜日、時間を記入する
(5) 測定器のメーカー名と機種名を記入する
(6) 測定器の製造年月を記入する
(7) 測定器のセンサの種類を記入する
　例）フラックスゲート方式、 ホール素子方式　など
(8) 測定器の校正機関と校正年月を記入する
(9) 測定器の分解能（直流磁場測定）を記入する
　例）0.01μT（直流） など
(10) MR室のシールド性能条件を記入する
　例）「操作室、CPU室、前室を除く隣室において、漏えい磁場を 0.5mT以下とする
　　ただし、測定位置は壁から 300mm 離れた位置で、高さは FL+1000mm とする」 など
(11) 天気、気温、湿度については、記入することが望ましい
(12) 測定結果から得た所見を記入する

付録　MR室漏えい磁場測定結果書記入要領

(13) 測定した年月日、曜日、時間を記入する
(14) 測定室名と設置されている装置名を記入する
(15) 測定器の機種名を記入する
(16) 測定点でのセンサの高さを固定する場合は記入する。測定点により異なる場合は測定位置図、もしくは備考欄に記入する
　例） FL+1000mm など
(17) 測定位置図に記入されている測定点記号を記入する
(18) x、y、z 軸成分がそれぞれ表示できる測定器の場合は、各成分の測定値を記入する
(19) 三軸成分の合成値が表示される測定器の場合はその値を記入する。三軸成分の値しか表示されない場合は、下式により合成値を計算し、その値を記入する
　合成値を｜B｜、三軸成分をそれぞれ Bx, By, Bz としたとき、

$$|B| = \sqrt{Bx^2 + By^2 + Bz^2}$$

(20) 性能条件の値を記入する。
　例）0.1mT、立入制限区域 など
(21) 各測定点ごとの注記事項などを記入する

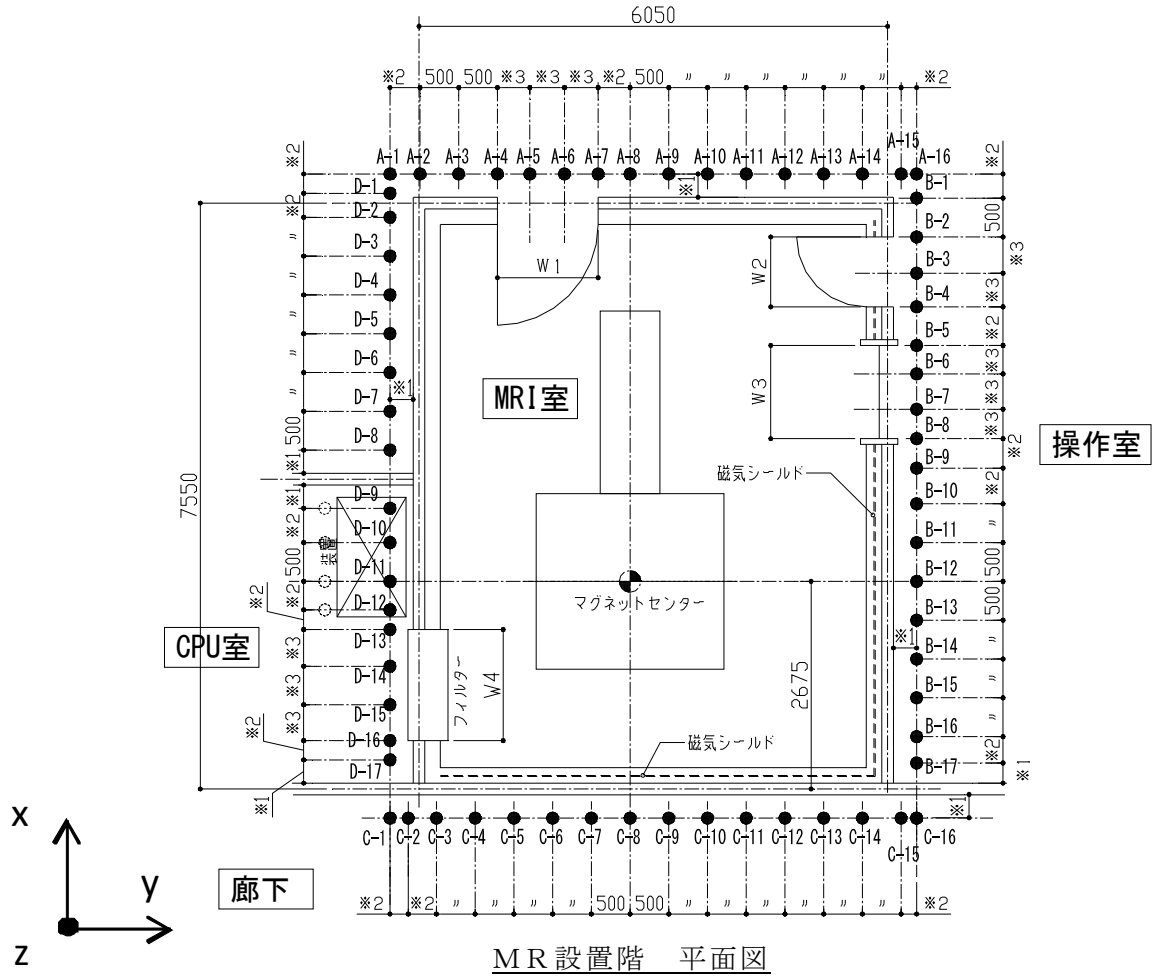
付録　ＭＲ室漏えい磁場測定位置図　作成例　-1

（立入制限区域境界における漏えい磁場測定）

管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ＭＲ室漏えい磁場測定　測定位置図

測定施設・室名：○○○病院　１階ＭＲ室



ＭＲ設置階　平面図

測定軸方向　　●:測定点

注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する

注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に 500mm ピッチとしている。

注3. 扉・窓などの開口部の測定点は両端部、及び開口Wを 500mm 以下で等分した位置（※3）としている。

注4. 壁から測定点までの距離（※1）は通常 300mm とする。

注5. 寸法（※2）は 500mm 以内の余数とする。

注6. 各測定点に記号（通し番号）をつける。

注7. 測定点 D-9～12 のように障害物などがあり測定不可能な場合はその旨を記入する。もしくは、障害物の後方で測定しその旨を記入する。

注8. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。

注9. 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。 但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合は装置メーカーに確認する。

注10. 隣室が外部や地中などで測定不可能な場合で、人が立ち入る可能性がない、若しくは立入制限を設けられる場所については測定を省略してもよい。

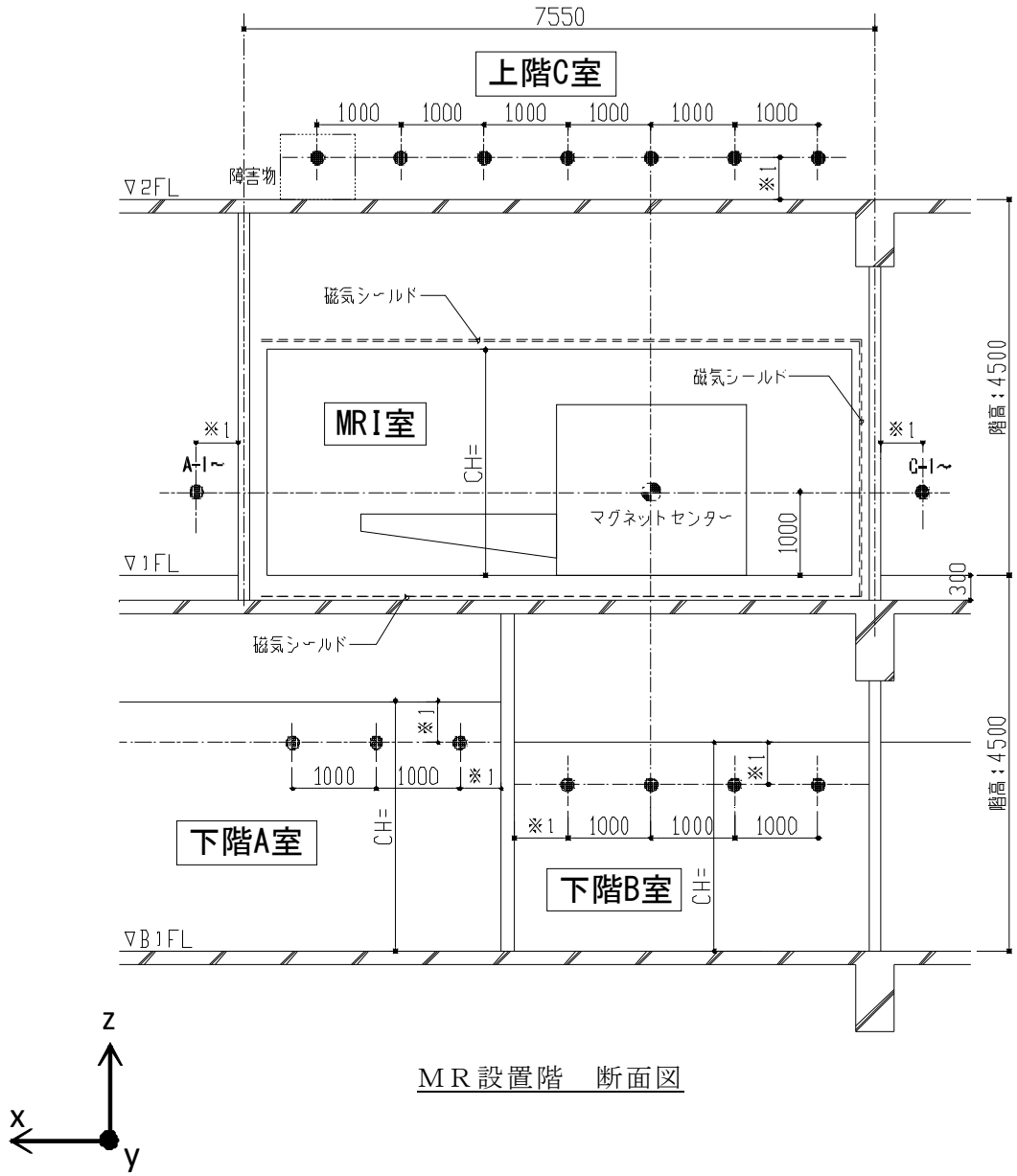
付録　ＭＲ室漏えい磁場測定位置図　作成例　-2

（立入制限区域境界における漏えい磁場測定）

（磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定）　　管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿

ＭＲ室漏えい磁場測定　測定位置図

測定施設・室名：○○○病院　１階ＭＲ室



ＭＲ設置階　断面図

測定軸方向

●:測定点

注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する。

注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に 1000mm ピッチとしている。

注3. 床、もしくは天井面から測定点までの距離（※1）は通常 300mm とする。
測定点高さについては、シールド性能条件において決めてあることが望ましい。

注4. 上下階についてはシールド性能条件がなく、かつ漏えい磁場の影響を受ける要因がない場合、もしくはMR装置から発生する磁場分布が明らかにMR室（区画）で納まっている場合は、測定による確認を省略しても良い。

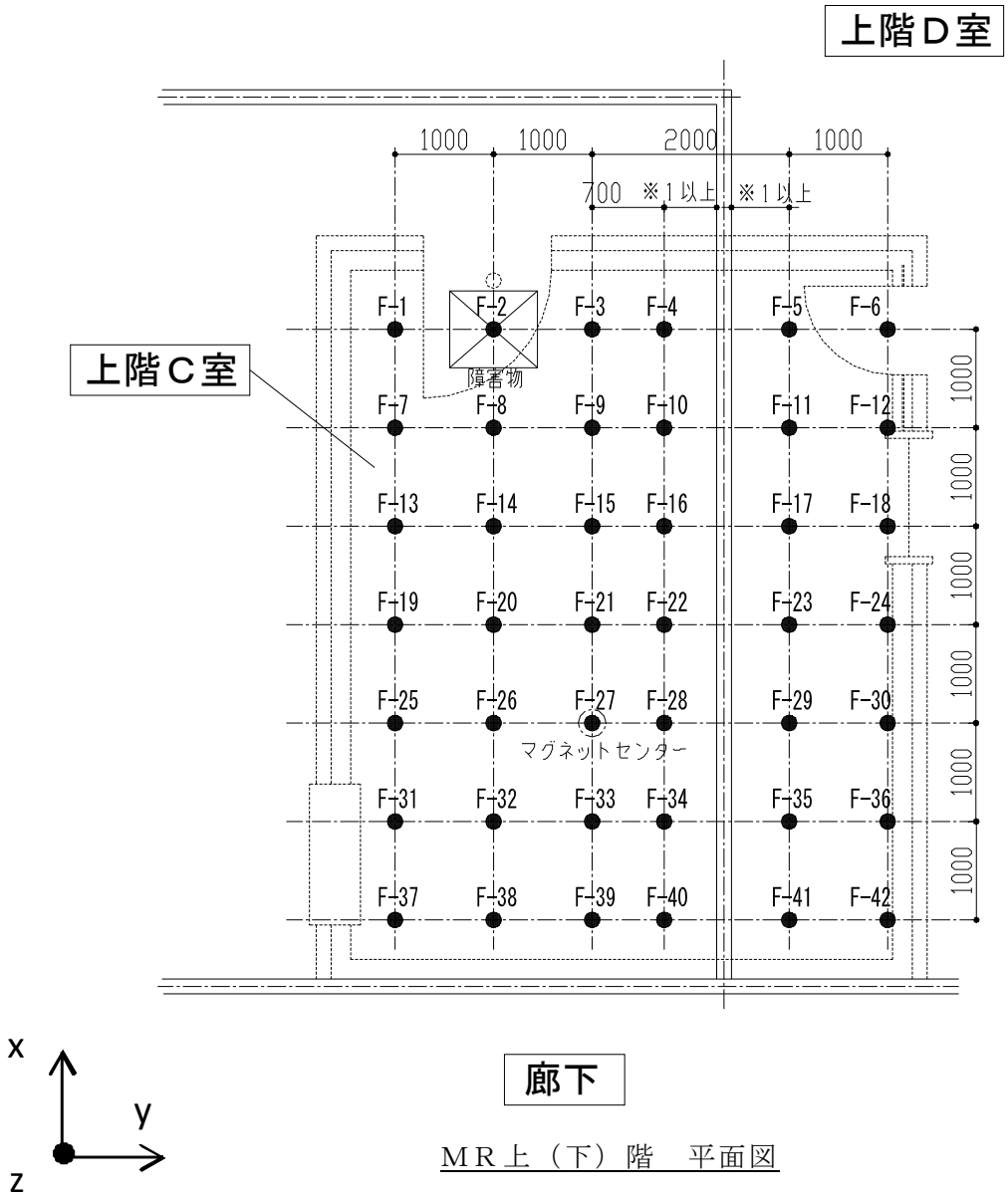
付録　ＭＲ室漏えい磁場測定位置図　作成例　-3

（立入制限区域境界における漏えい磁場測定）

（磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定）　　管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿

ＭＲ室漏えい磁場測定　測定位置図

測定施設・室名：○○○病院　１階ＭＲ室



ＭＲ上（下）階　平面図

測定軸方向

●:測定点 FL+300mm（CL-300mm）

注1. 三軸成分で測定した場合は軸方向を記入する

注2. 測定点の基本的な配置はマグネットを中心に 1000mm ピッチとしている。

　　但し、シールド条件が厳しい場合などはピッチを狭くすることが望ましい。

注3. 壁や柱などがある場合は測定点までの距離（※1）を通常 300mm とする。

注4. 各測定点に記号をつける。

注5. 測定点 F-2 のように障害物などがあり測定不可能な場合はその旨を記入する。

　　もしくは、障害物の近傍で測定しその旨を記入する。

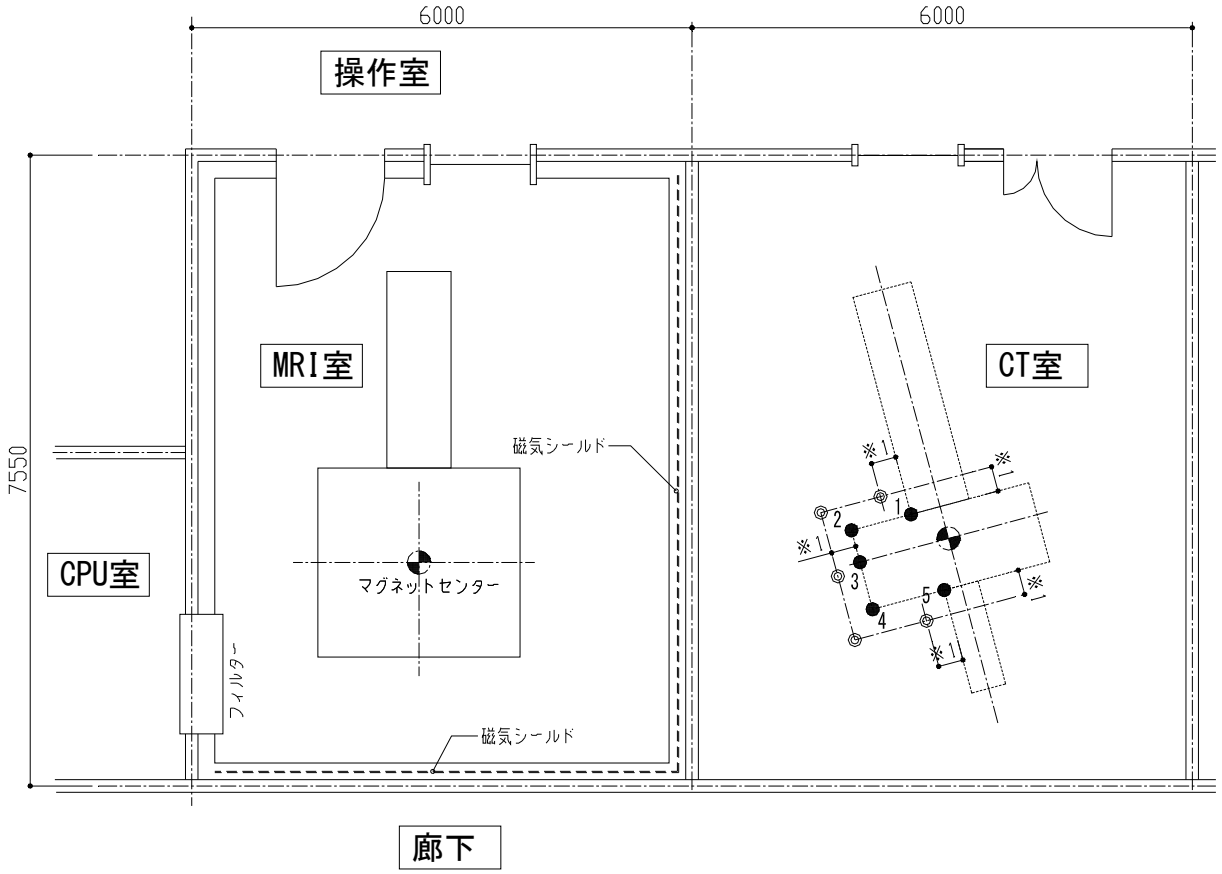
付録　ＭＲ室漏えい磁場測定位置図　作成例　-4

（磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定）

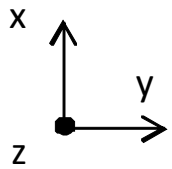
管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ＭＲ室漏えい磁場測定　測定位置図

測定施設・室名：○○○病院　１階ＭＲ室



ＭＲ設置階　平面図



測定軸方向

●:測定点

◎:測定点（機器から影響を受ける場合）

注1. 影響を受ける機器として、隣室の CT 装置を例としている。

注2. 三軸成分の軸方向を記入する。

注3. 測定条件となる測定点については、機器メーカーと協議のうえ決定することが望ましい。
機器メーカーから測定点の指定がない場合は、機器本体の端部を測定点とする。
機器自体の着磁などにより、測定に影響を受ける場合は機器から 300mm 離れた位置（※1）を測定点とする。

注4. 各測定点に記号（通し番号）をつける。

注5. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。

注6. 測定点の高さは一般的に漏えい磁場が最大となるマグネット中心を基準とする。
但し、オープンタイプなどマグネット中心が最大ではない装置の場合は装置メーカーに確認する。

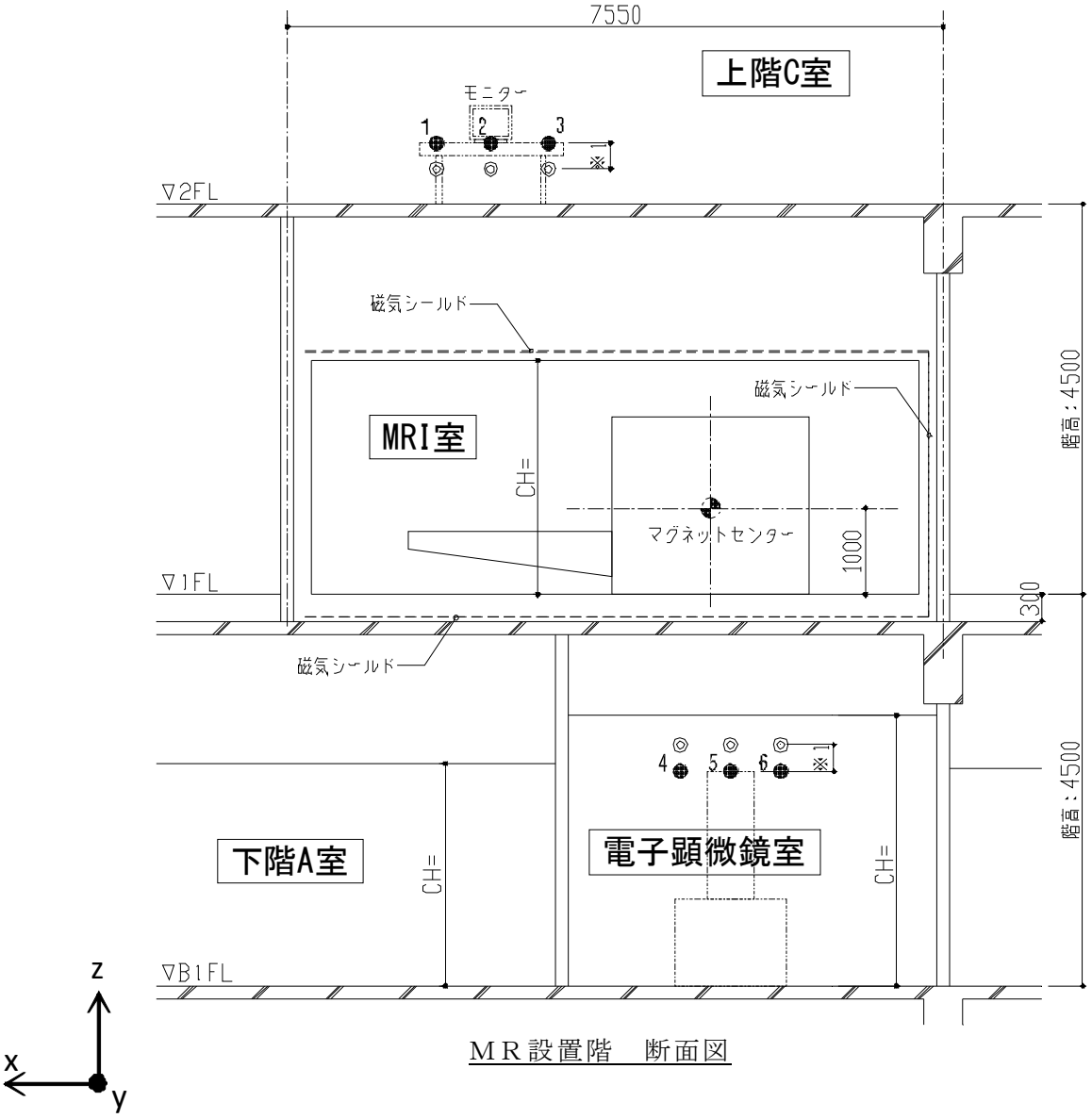
付録　ＭＲ室漏えい磁場測定位置図　作成例　-5

（磁場の影響を受ける機器に対する漏えい磁場測定）

管理番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

ＭＲ室漏えい磁場測定　測定位置図

測定施設・室名：○○○病院　１階ＭＲ室



ＭＲ設置階　断面図

測定軸方向

●:測定点

◎:測定点（機器から影響を受ける場合）

注1. 影響を受ける機器として、上階はモニター、下階は電子顕微鏡を例としている。

注2. 三軸成分の軸方向を記入する。

注3. 測定条件となる測定点については、機器メーカーと協議のうえ決定することが望ましい。
機器メーカーから測定点の指定がない場合は、機器本体の端部を測定点とする。
機器自体の着磁などにより、測定に影響を受ける場合は機器から 300mm 離れた位置（※1）を測定点とする。

注4. 各測定点に記号（通し番号）をつける。

注5. 基本的な測定点によらず漏えい磁場値が大きい点がある場合はその旨を記入する。